

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

17/17

(11)Publication number : 2000-326054
(43)Date of publication of application : 28.11.2000

(51)Int.Cl. B22D 11/04
B22D 11/11
B22D 11/115

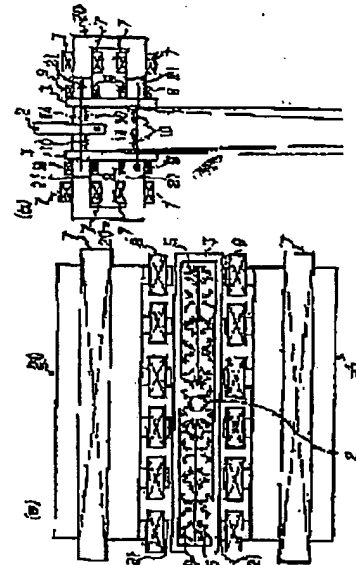
(21)Application number : 11-138667 (71)Applicant : KAWASAKI STEEL CORP
(22)Date of filing : 19.05.1999 (72)Inventor : YAMANE HIROSHI
BESSHO NAGAYASU

(54) METHOD AND APPARATUS FOR CONTINUOUSLY CASTING STEEL

(57)Abstract

PROBLEM TO BE SOLVED: To attenuate the upward stream and the downward stream from spouting stream, simultaneously to activate molten steel fluidity at the front surface of solidified shell and to prevent the formation of eddy and stagnation caused by the interference between electromagnetic stirring circular flow and spouting turn-over float-up flow at a meniscus part.

SOLUTION: In a method for continuously casting the molten steel while impressing magnetic field, A DC magnetic field and in a fixed type AC magnetic field are superimposedly impressed in the casting thickness direction. In the continuous casting apparatus while impressing the magnetic field to the molten steel, a coil 7 with which DC current for generating the DC magnetic field flows, and a coil 8 with which AC current for generating the AC magnetic field flows, are wound around a common iron core 20, and this iron core is disposed on a mold 3 so that the direction of the magnetic field coincides with the direction of the casting thickness.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 27.10.2004
[Date of sending the examiner's decision of rejection]
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]
[Date of final disposal for application]
[Patent number]
[Date of registration]
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]
[Date of extinction of right]

<http://www19.ipdl.ncipi.go.jp/PA1/result/detail/main/wAAAS6a4B4DA412326054...> 2007/03/14

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-326054
(P2000-326054A)

(43) 公開日 平成12年11月28日 (2000.11.28)

(61) Int.Cl.	識別記号	F I	テ-マ-ム (参考)
B22D 11/04	311	B22D 11/04	311J 4E004
11/11		11/11	D
11/115		11/115	B
			C

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平11-138667

(22) 出願日 平成11年 5月19日 (1999.5.19)

(71) 出願人 000001258
川崎製鉄株式会社
兵庫県神戸市中央区北本町通1丁目1番28号

(72) 発明者 山根 浩志
千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

(72) 発明者 別所 永康
千葉県千葉市中央区川崎町1番地 川崎製鉄株式会社技術研究所内

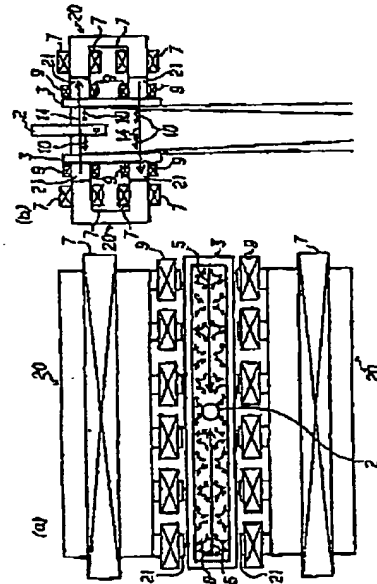
(74) 代理人 100099631
弁護士 小林 英一
Pターム (参考) 4E004 AA09 BB11

(54) 【発明の名称】 鋼の連続铸造方法および装置

(57) 【要約】

【課題】 吐出流からの上向き流、下向き流を減衰させ、同時に凝固シエル前面の溶鋼流動を活性化し、しかもメニスカス部での電磁搅拌旋回流と吐出反転浮上流との干渉による渦や淀みの形成を防止可能な鋼の連続铸造方法および装置を提供する。

【解決手段】 溶鋼に磁場を印加しながら連続铸造する方法において、铸造厚み方向に直流磁場と固定型の交流磁場とを重畳して印加する方法。溶鋼に磁場を印加しながら連続铸造する装置において、直流磁場を発生させる直流電流を流すコイル7と固定型の交流磁場を発生させる交流電流を流すコイル9とを共通の鉄心20に巻き、該鉄心を、前記磁場の方向と铸造厚み方向とが一致するように铸型3に配設してなる装置。



12

(2)

特開 2000-326054

2

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 溶鋼に磁場を印加しながら連続鋳造する方法において、鋳造厚み方向に直流磁場と固定型の交流磁場とを重畳して印加することを特徴とする鋼の連続鋳造方法。

【請求項 2】 前記磁場は、浸漬ノズル吐出口の上方あるいはさらに下方に対向配設した一対以上の磁極から印加する請求項 1 記載の鋼の連続鋳造方法。

【請求項 3】 前記交流磁場の周波数は 0.01～50Hz である請求項 1 または 2 記載の鋼の連続鋳造方法。

【請求項 4】 溶鋼に磁場を印加しながら連続鋳造する装置において、直流磁場を発生させる直流電流を流すコイルと固定型の交流磁場を発生させる交流電流を流すコイルとを共通の鉄心に巻き、該鉄心を、前記磁場の方向と鋳造厚み方向とが一致するように鋳型に配設してなることを特徴とする鋼の連続鋳造装置。

【請求項 5】 前記鉄心の磁極は浸漬ノズル吐出口の上方あるいはさらに下方で一対以上対向する請求項 4 記載の鋼の連続鋳造装置。

【請求項 6】 前記交流磁場の周波数は 0.01～50Hz である請求項 4 または 5 記載の鋼の連続鋳造装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、鋼の連続鋳造において磁場による溶鋼流動制御を行う連続鋳造方法および装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 鋼の連続鋳造では、湯面におけるモールドパウダの巻き込み防止や、介在物、気泡の侵入による製品欠陥防止、不均一凝固防止を目的とした、磁場による溶鋼流動制御が行われている。過大な溶鋼流動を制動するための電磁ブレーキ技術として、特開昭 57-17356 号公報には、スラブ連続機の鋳型に電磁石を設置し、浸漬ノズルからの吐出流に垂直な磁場を印加して吐出流を制動する方法が提案されている。

【0003】 また、上記手法をさらに発展させたものとして、特開平 2-284750 号公報では鋳型全幅にわたる静磁場を浸漬ノズルの吐出口上部および下部に印加する方法が提案されている。溶鋼の旋みを防止する目的の電磁攪拌として特開平 2-37946 号公報ではメニスカスに低周波移動磁場を印加して溶鋼に流れを与えてパウダへの熱供給確保と凝固シエルへの介在物捕捉防止を行うことが提案されている。

【0004】 特開平 1-228645 号公報では中炭素鋼の縦割れ防止のため電磁攪拌によりメニスカス近傍で溶鋼流速 40～120cm/s で流動させる方法が提案されている。電磁ブレーキと電磁攪拌を組み合わせた方法も提案されている。特開昭 61-193755 号公報では浸漬ノズルの吐出流に静磁場を印加し大形介在物の浮上を促進しその下で電磁攪拌による水平流により小型介在物が凝固シエルに捕

捉されるのを防止する方法が示されている。特開平 5-23803 号公報では鋳型内で 0.1～0.4m/s の溶鋼流が得られるように電磁攪拌し、メニスカス下 1.5 m から連続鋳造の垂直部にかけて幅方向均一な静磁場を印加して介在物の侵入を防止することが提案されている。特開平 5-154620 号公報ではメニスカスを電磁攪拌し、浸漬ノズル吐出口の上下に幅方向均一な静磁場を印加する方法が提案されている。

【0005】 また、特開平 9-262650 号公報、特開平 9-262651 号公報に、同一鉄心に巻いた複数のコイルに直流と三相交流を切り替えて流すことにより、鋳型内に移動交流磁場や静磁場を印加する方法が提案されている。特開平 10-305353 号公報では静磁場と移動磁場を重畳させて浸漬ノズル吐出口上下に印加する方法が提案されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 浸漬ノズルからの溶鋼の吐出速度が突発的あるいは定常的に大きい操業を行う場合、湯面近傍の溶鋼流れは大きくなりパウダ巻き込みを引き起し、鋳型短辺近傍の下降流も大きくなって介在物が鋳片内未凝固溶鋼浴深部まで侵入してしまう。また、凝固シエル前面の溶鋼流動が緩慢になると、溶鋼の流れによる介在物の洗い流し（以下、Washing 効果と記す）が弱くなり、介在物の凝固シエルへの捕捉が容易となったり、初期凝固部では熱供給低下で爪状の凝固組織が大きく成長してパウダの捕捉や浮上してくる気泡、介在物の捕捉を引き起こす。

【0007】 したがって、吐出流からの上向き流および下向き流はこれを減衰させ、同時に凝固シエル前面の溶鋼流動はこれを活性化させることが重要である。特開平 2-37946、特開平 1-228645、特開平 5-23803 の各号公報の、電磁攪拌によるメニスカス部の流動付与では、吐出流からの上向き流および下向き流を減衰させる機能はないため、パウダ巻き込みや介在物の鋳片内未凝固溶鋼浴深部侵入を防止することは困難である。

【0008】 また、特開平 2-37946、特開平 1-228645、特開平 5-23803、特開平 5-154620、特開平 10-305353 の各号公報の、電磁攪拌でメニスカス部に溶鋼の鋳型同方向への旋回流を作るという手段では、図 8 に示すように浸漬ノズル 2 の吐出口から出た溶鋼流れが一部反転してメニスカスへ浮上してくる流れ（吐出反転浮上流 5）と電磁攪拌による旋回流 4 とが衝突し、メニスカス部でのパウダ巻き込みを引き起こす流 6 A や、介在物の凝固シエルへの捕捉を助長する流 6 B が形成される。

【0009】 特開平 2-284750 号公報の、鋳型全幅にわたる静磁場を浸漬ノズルの吐出口上部および下部に印加する方法では、凝固シエル前面の溶鋼流動を活性化させる機能がなく Washing 効果に乏しい。本発明の目的は、上記従来技術の問題点を解決し、吐出流からの上向き

(3)

特開2000-326054

3

流、下向き流を減衰させ、同時に凝固シェル前面の溶鋼流動を活性化し、しかもメニスカス部での電磁攪拌旋回流と吐出反転浮上流との干渉による渦や淀みの形成を防止可能な鋼の連続铸造方法および装置を提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の要旨とするところは、以下に記載の鋼の連続铸造方法および装置にある。

(1) 溶鋼に磁場を印加しながら連続铸造する方法において、铸造厚み方向に直流磁場と固定型の交流磁場とを重畳して印加することを特徴とする鋼の連続铸造方法。

【0011】(2) 前記磁場は、浸漬ノズル吐出口の上方あるいはさらに下方に対向配設した一対以上の磁極から印加する(1)記載の鋼の連続铸造方法。

(3) 前記交流磁場の周波数は0.01~50Hzである(1)または(2)記載の鋼の連続铸造方法。

(4) 溶鋼に磁場を印加しながら連続铸造する装置において、直流磁場を発生させる直流電流を流すコイルと固定型の交流磁場を発生させる交流電流を流すコイルとを共通の鉄心に巻き、該鉄心を、前記磁場の方向と铸造厚み方向とが一致するように鋳型に配設してなることを特徴とする鋼の連続铸造装置。

【0012】(5) 前記鉄心の磁極は浸漬ノズル吐出口の上方あるいはさらに下方で一対以上対向する(4)記載の鋼の連続铸造装置。

(6) 前記交流磁場の周波数は0.01~50Hzである(4)または(5)記載の鋼の連続铸造装置。

【0013】

【発明の実施の形態】図1は本発明装置の一例を示す平面模式図(a)と側断面模式図(b)である。この装置は、直流磁場(静磁場と同義)を発生させる直流電流を流すコイル(直流通電コイル)7と固定型の交流磁場を発生する交流電流を流すコイル(交流通電コイル)9を共通の鉄心20に巻き、この鉄心20を、磁場の方向(直流磁場方向14、交流磁場方向10)と铸造厚み方向が一致し、また磁極21が浸漬ノズル2吐出口の上方と下方で一対以上(本例では上下それぞれ6対)対向するように、鋳型3長辺壁外面に配設したものであり、铸造幅方向に振数配列する交流通電コイル9には単相または多相交流電流が流される。

【0014】単相交流電流により生じる磁場は、铸造幅方向の強度分布波形の位相(分布の山や谷の位置)が時間により変化しない(波が铸造幅方向に移動しない)。一方、従来用いられている所謂移動磁場は、三組に案分した交流通電コイルに毎組異相として三相交流電流を流すことにより発生させるものであり、これにより生じる磁場は、铸造幅方向の強度分布波形の位相が時間により変化する(波が铸造幅方向に移動する)。すなわち、本発明において固定型の交流磁場とは、従来の移動磁場

(移動型の交流磁場)と異なり、波が一定方向に移動しない交流磁場を意味する。多相交流の使用においても、コイルの配置方法によって波が一定方向に移動しない交流磁場を発生させることができる。

【0015】いま、図3に示すように、交流通電コイル9により例えば図2に示すような波形の磁束密度をもたらし単独の交流磁場を铸造厚み方向(交流磁場方向10)に印加すると、溶鋼11に大きさが同期変動する電磁力(ピンチ力)12が作用して溶鋼流13が生じる。しかしこの場合には、鋳型鋼板等に発生する誘導電流磁場により印加磁場が減衰させられるため、鋳型内部に数百ガウス程度の磁束密度しか作ることができず、電磁力12を大きくすることは困難である。

【0016】これに対し、図5に示すように、交流通電コイル9と直流通電コイル7とにより例えば図4に示すような波形の磁束密度をもたらし交流・直流重畳磁場を铸造厚み方向(交流磁場方向10、直流磁場方向14)に印加すると、鋳型内部の磁束密度を数千ガウスにまで向上させることができ、電磁力12も増大させることができる。

【0017】この電磁力の交流成分(電磁ポンピング力)は溶鋼流13に乱れを発生させ、その結果、熱、物質移動が活性化され、Washing 効果も助長される。交流磁場は表皮効果により物体内部に浸透するにつれて減衰するから、電磁ポンピング力は凝固シェル前面付近では大きく铸造厚み中心付近では小さい。一方、直流磁場は铸造厚み全域にわたってほとんど減衰しないから、铸造厚み中心付近においては周期変動分が減衰したことにより溶鋼流動に寄与する電磁力の直流成分(電圧ブレーキ力)が優勢になる。この結果、吐出口からの上向き流および下向き流を減衰させ、同時に凝固シェル前面の溶鋼流動は活性化させることが可能となる。しかも、波が铸造幅方向に移動しない固定型の交流磁場を用いることから、図1に示すように、メニスカス部での鋳型3長辺壁付近の溶鋼流れは方向のランダムな揺動性溶鋼流れ8となり、図6に示したような鋳型3周方向の旋回流4は作られず、したがって浸漬ノズル2からの吐出反転浮上流5と旋回流4との衝突による渦6Aや淀み6Bが形成されることがなくなり、渦によるバウダ巻き込み、淀みによる介在物の凝固シェルへの捕捉といった弊害も大幅に軽減する。

【0018】上記のような効果を十分に奏するには、交流・直流重畳磁場は、図1に示すように、浸漬ノズル2吐出口の上方あるいはさらに下方に対向配設した一対以上の磁極21から印加することが望ましい。浸漬ノズル2吐出口の上方に印加することでメニスカス部での渦、淀みの発生を抑制でき、さらに下方にも印加することで下向き流の制動およびWashing 効果波及範囲の拡大が可能となる。また、磁極を対向配設することで、铸造厚み方向両側から対称的に磁場を印加でき、磁極を一対以上

14

(4)

特開2000-326054

5

とすることで、凝固シェル前面の溶鋼流の乱れ方を鑄造幅方向でより均一なものとし、Washing 効果を鑄造幅方向に満遍なく行きわたらせることが容易になる。

【0019】装置面では、図1に示すように、交流通電コイル9と直流通電コイル7を同一の鉄心20に巻いた形態とするのが、印加位置決め、該印加位置への交流・直流磁場の整合位置印加、および重畳磁場の直流成分と交流成分との独立調整などが容易にできて好適である。なお、交流通電コイル9は鑄造幅方向でより均一なWashing 効果を得る観点から、鉄心20の先端部を歯状に分歧させて構成した複数の磁極21毎に巻くのが好ましいが、直流通電コイル7は鉄心20先端部歯状部に複数並列する磁極21に共通の根元（「極」と称す）毎に巻けばよい。

【0020】また、本発明では、交流磁場の周波数は0.01～50Hzであることが好ましい。0.01Hz未満では電磁力の強さが不足気味となり、50Hz超では電磁力の変化に溶鋼流が追従し難く、いずれにおいても凝固シェル前面の溶鋼流に十分な乱れを付与するのが困難となる。

【0021】

【実施例】垂直曲げ型の連続鑄造機により、幅1500mm厚み220mmの低炭素アルミキルド鋼を、浸漬ノズル吐出角度：水平から下向きに15°、鑄造速度：1.8m/minおよび2.5m/minで鑄造する際に、図1に示した装置を用い、表1に示す各種の磁場印加条件にてストランドの鑄型部位に磁場を印加しながら鑄造を行い、得られた鋼片について、圧延後の鋼板表面欠陥検査による表面欠陥指数と、鋼板プレス加工時の介在物起因加工割れ検査による加工割れ指数を調査した。表面欠陥指数、加工割れ指数は、*

*それぞれ電流制御を実施しない場合を1.0とした指数である。

【0022】図1の装置では、鉄心は吐出口の上下に振り分け可能な二極をもつ構造とし、該鉄心の一対を互いの上極同士、下極同士が鑄型を挟んで鑄造厚み方向に対向するように配設した。上下の各極は鑄型幅全体をカバーする幅を有し、先端部はさらに極幅方向に6つに分歧し各分歧が磁極をなす。各磁極には交流通電コイル、各極（複数並列磁極の共通根元部）には直流通電コイルが巻かれている。

【0023】なお、表1において、交流磁場を移動型とした極では移動磁場ポールピッチが500mmとなるように三組分けした交流通電コイルに三相交流電流を毎組異相で通電し、交流磁場を固定型とした極では各磁極に巻かれた交流通電コイルに単相交流電流を通電し、磁束密度の位相を磁極毎で同一とした。また、表1中、交流磁場の強さは単独印加時の鑄型鋼板内側位置での磁束密度実効値、直流磁場の強さは単独印加時の鑄造厚み中心位置での磁束密度値でそれぞれ示した。交流磁場、直流磁場双方とも強さが0Tでない極が、交流・直流重畳磁場を印加した極である。表1に示すように条件1～5は本発明範囲外の比較例であり、条件6が本発明範囲内の実施例である。

【0024】表面欠陥指数および加工割れ指数の調査結果を表1に示す。なおこの調査結果は二つの鑄造速度条件別調査値の平均値である。

【0025】

【表1】

磁場印加条件									鋼板調査結果		備 考
No.	上極				下極				表面欠陥 指数	加工割れ 指数	
	交流磁場			直流磁場	交流磁場			直流磁場			
	型	強さ	周波数	強さ	型	強さ	周波数	強さ			
1	—	0 T	—	0.3 T	—	0 T	—	0.3 T	0.3	0.2	比較例
2	移動型	0.08 T	2 Hz	0 T	—	0 T	—	0.3 T	0.3	0.2	比較例
3	移動型	0.08 T	2 Hz	0.3 T	—	0 T	—	0 T	0.2	0.3	比較例
4	移動型	0.08 T	2 Hz	0.3 T	—	0 T	—	0.3 T	0.2	0.2	比較例
5	移動型	0.08 T	2 Hz	0.3 T	移動型	0.08 T	2 Hz	0.3 T	0.2	0.1	比較例
6	固定型	0.08 T	5 Hz	0.3 T	固定型	0.08 T	5 Hz	0.3 T	0.05	0.05	実施例

移動型：移動磁場ポールピッチ500mm | 三相交流通電
固定型：単相交流通電

【0026】比較例では、直流磁場と移動磁場（移動型の交流磁場）を単独であるいは重畳して印加する条件としている。直流磁場のみの場合、溶鋼熱供給不良となり初期凝固部に爪状組織が成長する。この爪状組織はパウダを噛込み、表面欠陥指数を高める。移動磁場のみの場合、爪状組織成長は抑制できるが、電磁ブレーキ力に乏しいため介在物の鋼片内未凝固溶鋼溶深部侵入が生じる

ほか、メニスカス部で鑄型周方向の旋回流と吐出反転浮上流とが衝突し渦や淀みが形成される。介在物の鋼片内未凝固溶鋼溶深部侵入は加工割れ指数を高める。渦はパウダ巻き込みを生じ、淀みは介在物の凝固シェルへの捕捉を助長していずれも表面欠陥指数を高める。移動磁場に直流磁場を重畳すると、介在物の深部侵入は抑制できるが、渦や淀みは解消できない。そのため、比較例で

50

(5)

特開 2000-326064

7

8

は、上下両極に移動磁場・直流磁場を重畳印加したベストの条件でも、加工割れ指数は0.1に低減するものの表面欠陥指数はなお0.2と高い。

【0027】これに対し、実施例では、条件5において移動磁場に代えて固定型の交流磁場とした条件6を採用したことにより、凝固シェル前面には電磁ポンピング力を作用させてWashing効果を強化し、鋳造厚み中心部には電磁ブレーキ力を作用させて溶鋼流（吐出流からの上向き流、下向き流）の流速低減・層流化を促進し、さらにメニスカス部での旋回流生成を抑制してそこでの渦や旋みの形成をなくしたので、比較例では到達できなかった表面欠陥指数、加工割れ指数0.05に到達することができた。

【0028】

【発明の効果】かくして本発明によれば、鋼の連続鋳造において、吐出流からの上向き流、下向き流を減衰させ、同時に凝固シェル前面の溶鋼流動を活性化し、しかもメニスカス部での電磁攪拌旋回流と吐出反転浮上流との干渉による渦や旋みの形成を防止できるようになるので、一般と高品質の鋼片を製造できるようになるという優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明装置の一例を示す平断面模式図（a）と側断面模式図（b）である。

【図2】交流磁場単独印加による磁束密度の一例を示す波形図である。

*【図3】交流磁場単独印加による溶鋼流の発生状況を示す説明図である。

【図4】交流・直流磁場重畳印加による磁束密度の一例を示す波形図である。

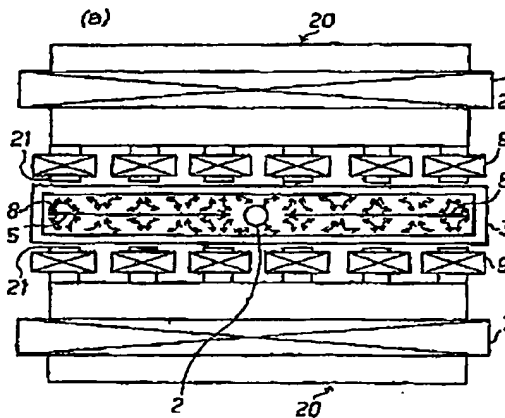
【図5】交流・直流磁場重畳印加による溶鋼流の発生状況を示す説明図である。

【図6】メニスカス部での電磁攪拌による旋回流と吐出反転浮上流との干渉を示す平断面模式図である。

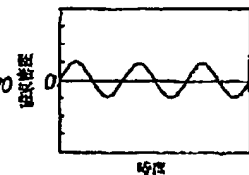
【符号の説明】

- 1 移動交流磁場
- 2 浸漬ノズル
- 3 鋳型
- 4 旋回流（電磁攪拌旋回流）
- 5 吐出反転浮上流
- 6 A 渦
- 6 B 旋み
- 7 直流通電コイル
- 9 交流通電コイル
- 10 交流磁場方向
- 11 溶鋼
- 12 電磁力（ピンチ力）
- 13 溶鋼流
- 14 直流磁場方向
- 20 鉄心
- 21 磁極

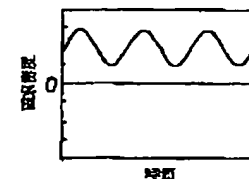
【図1】



【図2】



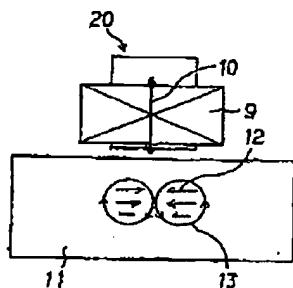
【図4】



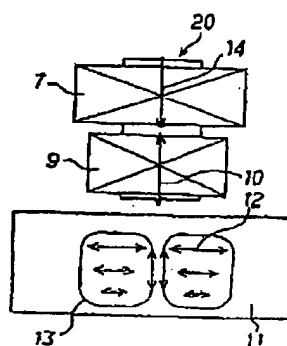
(6)

特開 2000-326054

【図3】



【図5】



【図6】

